

COLLANA DEL CENTRO STUDI VITRUVIANI

5.



*a cura di*  
Francesca Borgo

*con il contributo di*  
Paolo Clini

Marsilio / Centro Studi Vitruviani

LEONARDO E VITRUVIO  
Oltre il cerchio e il quadrato

*Catalogo a cura di*  
Francesca Borgo

*Con il contributo di*  
Paolo Clini

*Saggi*  
Howard Burns  
Francesca Borgo  
Marco Biffi  
Pierre Gros  
Emanuele Lugli  
Matthew Landrus  
Giulia Ceriani Sebgondi  
Richard Schofield  
Cristiano Zanetti  
Paolo Clini  
Massimo Callegari  
Stefano Brillarelli  
Renato Angeloni  
Mirco D’Alessio

*Realizzazione*  
Centro Studi Vitruviani  
*in collaborazione con*  
Centro Internazionale  
di Studi di Architettura  
Andrea Palladio

*Coordinamento editoriale*  
Dino Zacchilli

*Si ringraziano*  
Ilaria Abbondandolo  
Simone Baldissini  
Francesco Benelli  
Francesco Paolo di Teodoro  
Dario Donetti  
Frank Fehrenbach  
Elena Fontana  
Paolo Galluzzi  
Rodolfo Maffeis  
Mauro Meneghello  
Elisabetta Michelato  
Mauro Mussolin  
Massimo Natale  
Alessandro Nova

*Sponsor tecnico*



*Crediti fotografici*  
Ashmolean Museum, University of Oxford, UK /  
Bridgeman Images  
Bayerische Staatsbibliothek, Monaco di Baviera  
Biblioteca Comunale Ariostea, Ferrara  
Biblioteca medica Vincenzo Pinali antica  
dell’Università di Padova  
Biblioteca Civica di Verona  
Bibliothèque nationale de France  
Houghton Library, Harvard University,  
Cambridge MA  
Koninklijk Museum voor Schone Kunsten,  
Anversa  
Ministero dei beni e delle attività culturali,  
Gallerie dell’Accademia di Venezia  
© RMN-Grand Palais (Institut de France) / René-  
Gabriel Ojéda  
© RMN-Grand Palais (institut de France) / Gérard  
Blot  
Royal Collection Trust / © Her Majesty Queen  
Elizabeth II 2019  
The Morgan Library & Museum. 2006.14:7.  
Purchased in 1938  
Veneranda Biblioteca Ambrosiana / Mondadori  
Portfolio  
© 2019 Biblioteca Apostolica Vaticana. Per  
concessione della Biblioteca Apostolica Vaticana,  
ogni diritto riservato  
© 2019. Foto Scala Firenze / Heritage Images  
Su concessione del Ministero per i beni  
e le attività culturali / Biblioteca Medicea  
Laurenziana, Firenze. Divieto di ulteriore  
riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo  
Su concessione del Ministero per i beni  
e le attività culturali, Musei Reali-Biblioteca  
Reale, Torino  
Su concessione del Ministero per i beni  
e le attività culturali / Biblioteca Nazionale  
Centrale, Firenze. Divieto di ulteriore  
riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo  
© Victoria and Albert Museum, London

*In copertina*  
*Studi geometrici, 1515 circa, Codice atlantico,*  
f. 455r (Milano, Veneranda Biblioteca  
Ambrosiana)

*Progetto grafico*  
Carmen Malafronte

*Traduzioni*  
Contextus s.r.l., Pavia (Francesco Peri)

*Redazione*  
Elisabetta Righes

© 2019 by Centro Studi Vitruviani, Fano  
© 2019 by Marsilio Editori® s.p.a. in Venezia

Prima edizione: luglio 2019  
isbn 978-88-297-0326-5  
www.marsilioeditori.it

INDICE

LEONARDO E VITRUVIO

Oltre il cerchio e il quadrato  
a cura di Francesca Borgo

- 17INTRODUZIONE  
Howard Burns
- 23LEONARDO LEGGE VITRUVIO  
Francesca Borgo
- 41NON SOLO ARCHITETTURA: VITRUVIO NEL LESSICO DI LEONARDO  
Marco Biffi
- 55LA GEOMETRIA PLATONICA NELL’EXCURSUS VITRUVIANO  
SULL’UOMO PERFETTO (*DE ARCHITECTURA*, III, 1, 2-3)  
Pierre Gros
- 69IN CERCA DELLA PERFEZIONE. NUOVI ELEMENTI  
PER L’UOMO VITRUVIANO DI LEONARDO DA VINCI  
Emanuele Lugli
- I DISEGNI
- 94LEONARDO E L’ARTE DELL’INGEGNERIA  
Matthew Landrus
- 106IL PROGETTO PER IL TIBURIO DEL DUOMO DI MILANO  
Giulia Ceriani Sebgondi
- 112MISURARE LE DISTANZE ALL’ANTICA  
Richard Schofield
- 118CTESIBIO, LA CLESSIDRA E IL SALVAGENTE  
Cristiano Zanetti
- 124MANIA GEOMETRICA  
Francesca Borgo
- LEONARDO DIGITALE  
a cura di Paolo Clini
- 133LE MACCHINE VIRTUALI DI LEONARDO  
Paolo Clini, Massimo Callegari, Stefano Brillarelli, Renato Angeloni,  
Mirco D’Alessio



# LEONARDO LEGGE VITRUVIO

Francesca Borgo

*Per Nina,  
nata tra cerchi e lunule*

1. *Manoscritto F*,  
interno prima  
copertina (Parigi,  
Institut de France)

## «CERCA DI VETRUVIO TRA' CARTOLAI»

Leonardo, si sa, amava compilare liste: di cose da fare e da vedere, persone da incontrare, libri da leggere. Forse meglio di tante altre pagine di scrittura concettualmente più dense, queste annotazioni dimostrano chiaramente un'insaziabile, inquieta curiosità. Il nome di Vitruvio appare spesso in questi elenchi: a promemoria, sul piatto esterno di copertina di un piccolo taccuino di formato "tascabile", per ricordare di ricercarne il trattato «tra' cartolai», ovvero nelle botteghe dei librai milanesi<sup>1</sup>; tra i titoli dei volumi che proponeva di procurarsi, affiancato ad altri illustri autori antichi come Aristotele e Archimede («Vetruvio. Meteura. Archimede [...]»<sup>2</sup>); subito a lato, con una ripetitività che rivela quanto incalzante fosse il desiderio di sfogliare il testo, tra una lista di soggetti da indagare ed esperimenti da mettere in pratica («Messer Atavian Palavisino pel suo Vetruvio. Va ogni sabato alla stufa e vederai delli nudi. Fa gonfiare il polmon d'un porco e guarda se cresce [...]»<sup>3</sup>) (fig. 1); e ancora, tra le persone da incontrare, per chiedere in prestito una copia del volume («Messer Vincenzio Aliplando, che sta presso all'Osteria dell'Orso, ha il Vetruvio di Iacomo Andrea»<sup>4</sup>) (fig. 2).

Nel primo decennio del Cinquecento, quando Leonardo scrive queste note, il trattato di Vitruvio non è ancora un testo facilmente accessibile: era sì stato stampato – la *princeps* è del 1487-1488 – ma in un'edizione senza illustrazioni né commento, e in latino: un latino difficile anche per chi poteva vantare una familiarità con la lingua ben lontana da quella, rudimentale, di Leonardo<sup>5</sup>. Già durante il primo soggiorno milanese però, Leonardo aveva a disposizione diversi interlocutori che avrebbero potuto aiutarlo nell'interpretazione dei passi più difficili: ne avrà sicuramente parlato con Luca Pacioli – che sappiamo possedeva l'edizione a stampa del 1496<sup>6</sup> – con Francesco di Giorgio Martini – tra i primi traduttori del *De architectura*<sup>7</sup> – con lo scultore Gian Cristoforo Romano<sup>8</sup>, con Donato Bramante<sup>9</sup> e con l'architetto ducale Giacomo Andrea da Ferrara: amico fraterno di Leonardo, nonché «acuratissimo sectatore»<sup>10</sup> dell'opera di Vitruvio. Dopo l'occupazione francese di Milano nel 1500, Giacomo Andrea era stato decapitato – i resti esposti alle porte della città e i suoi beni confiscati – per essere rimasto fedele a Ludovico il Moro. Al suo ritorno in città, otto anni dopo, Leonardo cerca con insistenza la copia di Vitruvio che era appartenuta a Giacomo Andrea, evidentemente perché ricca di disegni e annotazioni<sup>11</sup>. Se inizialmente la pensa finita nelle mani di un notaio della cancelleria ducale, forse non è un caso che tra i nomi dei tanti possibili fornitori di volumi – medici, teologi, merciai, dignitari di corte – Leonardo citi anche Ottaviano Pallavicino, fratello di Girolamo, vescovo di Novara, che aveva tentato di intercedere perché Giacomo Andrea fosse graziato: il Vitruvio che Leonardo cerca presso di lui potrebbe essere ancora quello appartenuto all'amico architetto<sup>12</sup>.

2. *Manoscritto K*, f. 109v  
(Parigi, Institut  
de France)

Non ci è possibile sapere se Leonardo sia poi riuscito a procurarsi una copia del trattato – a stampa o manoscritta, illustrata o meno – e quale questa possa essere stata. Vitruvio, però, era accessibile anche “per pezzi”, oralmente o di rimbalzo, attraverso i rimandi di altri autori. Il *De architectura* funziona insomma per Leonardo anche come repertorio di metafore e leggende, aneddoti su architetti e ingegneri dell’antichità, descrizioni di fenomeni atmosferici (vapori, piogge, nebbie, venti, nuvole), macchine prodigiose e strumenti di misurazione: temi che si prestano più facilmente alla leggerezza del gioco intertestuale, fatto di riprese talvolta incerte e approssimate, rispetto agli aspetti più tecnici del trattato, quella precettistica minuziosa da antiche regole del costruire, che trasformerà presto il testo in canone<sup>13</sup>.

Negli stessi anni, in molti avevano avviato un lavoro sistematico su queste pagine: il testo circola con frequenza sempre maggiore tra umanisti, architetti, antiquari, diventando oggetto di commenti e accademie. Anche l’interesse di Leonardo per Vitruvio è parte di questo fiorire di studi, e non è quindi, di per sé, sorprendente. A risaltare sono piuttosto i temi che attirano l’attenzione dell’artista, così lontani dagli aspetti più strettamente architettonici che monopolizzano la riflessione di molti suoi contemporanei: quelli relativi al linguaggio degli ordini, alle tipologie costruttive antiche, alle tecniche edilizie. Leonardo si concentra invece su un materiale testuale più morbido, malleabile e letterario, e sfrutta pienamente la portata enciclopedica del trattato antico, attingendo soprattutto alla seconda parte dell’opera, posta a chiusura dei sette libri principali dedicati alla *aedificatio*, la costruzione degli edifici. La sua lettura si concentra sugli ultimi tre libri, quelli da cui emerge pienamente il respiro “universale” dell’opera vitruviana: l’VIII, su idrologia e idraulica; il IX, dedicato alla gnomica; il X, alla meccanica civile, idraulica e militare. Anche quando si avvicina di più al cuore del trattato, Leonardo si mantiene ai confini dei sette *volumina* propriamente architettonici: qualche breve appunto sembrerebbe essere ricavato dal libro II, sui materiali da costruzione, e dal VII, con ricette per colori e intonaci<sup>14</sup>.

La molteplicità dei temi coperti dal *De architectura*, che Leonardo recepisce con chiarezza, influisce sulla persistenza del testo lungo la parabola di vita dell’artista. L’attenzione per Vitruvio accompagna Leonardo nel tempo: non è legata a interessi e contesti circoscritti, né tantomeno a singoli episodi di committenza, ma rimane una costante nel suo percorso di ricerca. Emerge già con chiarezza durante il primo soggiorno milanese – il nome di Vitruvio appare per la prima volta attorno al 1490, sul foglio dell’*Uomo vitruviano* – in un ambiente in cui il trattato è da tempo un punto di riferimento autorevole; ritorna tra il 1502 e il 1504 (*Manoscritto L* e *Codice Madrid II*), negli anni in cui Leonardo si sposta a Firenze, verosimilmente per effetto della curiosità suscitata dalle citazioni vitruviane rintracciate nel *Trattato* di Francesco di Giorgio Martini; si intensifica di nuovo durante il secondo periodo milanese, attorno al 1508, quando Leonardo è chiaramente intenzionato a impadronirsi di una copia del testo (*Manoscritto F* e *Manoscritto K*); affiora ancora, una ultima volta, nei tardi anni romani, tra il 1510 e il 1515 (*Manoscritto G*).

Nelle circa seimila pagine vinciane che sopravvivono, il nome di Vitruvio appare dieci volte. Queste dieci occorrenze – a cui andranno evidentemente aggiunte le allusioni silenziose, i passi di cui il *De architectura* è fonte non dichiarata – non sono però tutte citazioni dirette. Leonardo incontra Vitruvio anche attraverso gli autori moderni, entrando quindi in contatto con un testo già selezionato, tradotto, filtrato – e in un caso anche travisato – da Francesco di Giorgio Martini, Leon Battista Alberti, Luca Pacioli, Roberto Valturio.

Nessuna di queste dieci citazioni riguarda le forme del costruire, e solo una – quella, celeberrima, apposta in testa al foglio conosciuto con il nome di *Uomo vitruviano* –

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

riguarda il canone delle proporzioni umane. Nonostante la teoria delle proporzioni abbia preso il sopravvento in ogni discussione a proposito dell'interesse leonardiano per il *De architectura*, il vitruvianesimo di Leonardo rimane decisamente più ampio e differenziato. Al trattato Leonardo attinge per questioni di idraulica e meteorologia, geometria e ottica, materiali e tecniche pittoriche, macchine e strumenti di misurazione, o anche solo per raccogliere un esempio, un nome o un aneddoto: per confrontarsi insomma con l'autorità di una fonte antica da ammirare, imitare e sfidare.

#### «DELLA MUSICA DELL'ACQUE»

L'ingegneria idraulica antica è un precedente retorico importante per la costruzione dell'identità artistica di Leonardo, che non è solo un nuovo Apelle e un nuovo Archimede<sup>15</sup>, come scrivono i contemporanei, ma anche, grazie a una raffinata strategia di autorappresentazione, un nuovo Ctesibio e un nuovo Erone: due protagonisti del mondo tecnologico classico, inventori di congegni idraulici di intrattenimento che Vitruvio descrive in dettaglio e Leonardo non si stanca di disegnare. Tra le pagine dei taccuini, ai numerosi progetti idraulici di applicazione pratica (pompe, mulini, acquedotti, canali) se ne affiancano altrettanti a scopo puramente ricreativo: organi, orologi e automi azionati dall'acqua, fontane e altre invenzioni da giardino di delizie, capaci, secondo Vitruvio «di affascinare i sensi procurando piacere agli occhi e alle orecchie» (x, 7, 4)<sup>16</sup>. La clessidra ad acqua ideata da Ctesibio, che Vitruvio descrive nel libro ix (ix, 8, 2), dedicato alla gnomica – un interesse che Leonardo coltiva sin dagli anni giovanili – rientra a pieno titolo tra i virtuosismi idraulici in grado di destare meraviglia e stupore. I numerosi disegni in cui Leonardo cerca incessantemente di apportare dei miglioramenti rispetto al modello antico si infittiscono durante il servizio presso Carlo d'Amboise, per il cui giardino l'artista progetta fantasiose invenzioni idrauliche (cat. 4). Proprio come in Vitruvio, a preoccuparlo non sono solo la pressione costante del flusso, il meccanismo di ricarica e l'integrazione di accessori sonori per scandire le ore, ma anche la costruzione delle canne, che Vitruvio raccomandava di realizzare in un materiale non soggetto a corrosioni od otturazioni (ix, 8, 4), e che Leonardo immagina di terracotta vetrificata<sup>17</sup>.

L'interesse per l'ingegneria idraulica antica non è legato a una specifica committenza. Già nel 1503-1504, mentre è al lavoro sulla *Battaglia di Anghiari* per la Sala del Maggior Consiglio in Palazzo Vecchio di Firenze, l'artista sfrutta i contatti che il nuovo incarico gli aveva messo a disposizione per chiedere aiuto nell'interpretazione di un passo vitruviano particolarmente arduo, dedicato al funzionamento di un altro dispositivo idraulico, l'organo. «Domanda messer Marcello, del sòno fatto con acqua da Vetrivio»<sup>18</sup>, appunta, avendo intuito che Marcello Virgilio Adriani, primo cancelliere della Repubblica e titolare della cattedra di poetica e di oratoria presso lo Studio fiorentino, doveva conoscere bene il testo del trattato: le citazioni vitruviane che appaiono nei suoi scritti sono numerose<sup>19</sup>.

Il passo dedicato all'organo idraulico risulta effettivamente difficile da comprendere, soprattutto in assenza di illustrazioni: la lunga e minuziosa descrizione di Vitruvio si conclude infatti con una disincantata riflessione sui limiti della scrittura e l'inutilità dei propri sforzi (x, 8, 6), che Leonardo non avrebbe potuto non notare e condividere. La battaglia con la lingua che lui stesso intraprende, alla faticosa ricerca dell'espressione esatta, rinforza la convinzione che la parola sia inadatta a rappresentare contenuti di carattere tecnico e scientifico. In pagine più tarde, ancora sulla spinta polemica del dibattito sul *Paragone*, Leonardo arriverà a decretare che a nulla vale sforzarsi, dato che «quanto più minutamente descriverai», come aveva fatto Vitruvio, «tanto più confonderai la mente del lettore»<sup>20</sup>.

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

[3]

[4]

3. *Manoscritto A*, f. 61r (Parigi, Institut de France)

4. Francesco di Giorgio Martini, *Codice Ashburnham* 361, f. 11, particolare (Firenze, Biblioteca Medicea Laurenziana)

Se osservata come oggetto di studio a sé e non più solo come elemento di animazione di un congegno idraulico, l'acqua diventa – assieme al corpo umano e a quello macchinale – uno dei campi di indagine in cui Leonardo ingaggia una delle sue più appassionate battaglie espressive. Anche in questo caso, Vitruvio rimane un modello. Il libro VIII del *De architectura*, quasi un trattato *de aquis* distinto dal resto dell'opera, è interamente dedicato all'idrologia e all'idraulica: un precedente importante per il *Trattato de l'acqua* che Leonardo non riuscirà mai a portare a termine, ma per cui stila un accurato piano di lavoro, proponendosi di coprire, accanto alla «musica dell'acque» – un altro accenno all'organo idraulico – un'infinità di altri argomenti<sup>21</sup>. In comune con Vitruvio, le pagine leonardiane non hanno solo l'interesse per specifiche questioni meteorologiche, in particolare per la genesi di pioggia, vento e nuvole, ma anche il vigore espressivo delle descrizioni: l'impeto del vento che investe la massa dei vapori umidi, l'urto delle nuvole piene e pesanti sulle montagne, la tempesta che si riversa a valle, sono narrati come eventi di un dramma atmosferico scatenato dal violento incontro tra due elementi, aria e acqua<sup>22</sup>. Non mancano riscontri testuali più puntuali. L'analogia, cui Leonardo ricorre più volte, tra la propagazione del suono nell'aria e le onde concentriche disegnate sull'acqua dalla caduta di un sasso<sup>23</sup> si ritrova ad esempio nel capitolo dedicato all'acustica del teatro antico (v, 3, 6), sui cui principi Leonardo sembrerebbe anche basare alcuni disegni<sup>24</sup>. Come Vitruvio, anch'egli estende la similitudine in senso dinamico, soffermandosi sugli effetti di interferenza, riflessione e rifrazione che le onde – sonore e acquatiche – subiscono in presenza di ostacoli (fig. 3).

Altre analogie care a Leonardo, pur non essendo esclusivamente vitruviane, hanno nel testo antico una presenza significativa e autorevole, esaltata dalle riprese di autori moderni. La similitudine tra corpo umano e corpo della terra – e quindi tra vene e fiumi, sangue e acqua – ad esempio, è formulata da entrambi a conferma della centralità dell'elemento liquido, e quindi in un contesto squisitamente “idraulico”: nel caso di Leonardo, come «Cominciamento del trattato dell'acqua»<sup>25</sup>. Nella stessa pagina, il paragone tra la sommità dei monti e la testa dell'uomo – due luoghi analogamente irrorati da vasi – richiama il racconto vitruviano su Dinocrate, l'architetto che progettava di rimodellare il monte Athos in forma umana e costruirvi una città (II, *praef.*): l'aneddoto ritorna nella prima carta del manoscritto di Francesco di Giorgio che Leonardo possiede e postilla (fig. 4)<sup>26</sup>.

Vitruvio rimane insomma una risorsa inesauribile per quelle similitudini tra natura e architettura, o fra natura e artificio, che Leonardo coltiva con soddisfazione nei suoi scritti: anche il mito vitruviano delle origini vegetali dell'edilizia in pietra (II, 1) – a cui si richiama l'architettura arborea della Sala delle Asse del Castello Sforzesco – compare in Francesco di Giorgio, con tanto di immancabile, celebrativo riferimento al trattato antico<sup>27</sup>. Sia qui che in Luca Pacioli l'accenno a Vitruvio include anche l'analogia proporzionale tra la costruzione delle colonne e la ramificazione degli alberi (v, 1, 3), sulle cui geometrie di crescita e fioritura Leonardo si concentra a lungo (fig. 5)<sup>28</sup>.

#### LEGNO, INTONACO, CERA: MATERIALI E TECNICHE ANTICHE

Il Vitruvio a cui Leonardo attinge attraverso il filtro di Francesco di Giorgio non è solo quello delle analogie tra *ars* e *natura*, ma anche quello del sapere più pratico e operativo, relativo ai materiali di costruzione. Nel *Codice Madrid II*, lo stesso taccuino in cui compare l'appunto sul «sono fatto con acqua da Vetruvio», Leonardo confronta le opinioni di diversi autori sull'approvvigionamento dei legnami per travature – come e quando tagliarli, come conservarli – e annota che, diversamente da Plinio e Palladio, «Vetruvio vol che ssi taglino in principio dell'altunno, prima che l'vento

To view this image, please refer to the final published  
version available from the publisher



Favonio cominci a regnare»<sup>29</sup>. Il consiglio, che appare nel libro II del trattato, quello dedicato ai materiali edili (II, 9, 1), ritorna anche nel *De re aedificatoria* di Leon Battista Alberti (II, 4): un testo che Leonardo possiede e da cui attinge spesso. Il mosaico di opinioni illustri – Plinio, Palladio e Vitruvio – su natura e trattamento del legno non è però opera né di Alberti né di Leonardo, che la trova già confezionata nel *Trattato* di Francesco di Giorgio, di cui il passo è una citazione quasi letterale<sup>30</sup>.

La pagina è databile al 1503-1505, all'epoca del ritorno a Firenze dopo la campagna militare al seguito di Cesare Borgia. Ma non è la prima volta che Leonardo attinge al libro II del *De architectura*: già nel *Manoscritto A*, all'interno di un gruppo omogeneo di carte dedicate alle lesioni degli edifici e alle relative tecniche di consolidamento, Leonardo critica la pratica di ricoprire con calcina le travi lignee armate, osservando che le variazioni di umidità comportano altrettante variazioni nel volume del legno, compromettendo la compattezza dell'intonaco (fig. 6)<sup>31</sup>, una consuetudine costruttiva che Vitruvio aveva a sua volta rilevato e condannato, per le stesse ragioni (II, 8, 20).

Il patrimonio di conoscenze tecniche del mondo classico racchiuso nel trattato non poteva non attirare l'attenzione di Leonardo, da sempre in vivace contraddittorio con gli autori antichi e interessato al confronto con le conquiste del suo tempo. La volontà di sperimentazione con materiali e tecniche pittoriche è ben nota, testimoniata non solo dall'analisi delle opere superstiti, ma anche dalle fonti: i pagamenti per la fornitura di materiali relativi all'incarico per la Sala grande di Palazzo Vecchio – che citano ingredienti inusuali, di difficile interpretazione – e le testimonianze dei contemporanei, che segnalano il proposito di resuscitare una tecnica antica.

Sulla scia del racconto dell'Anonimo Magliabechiano, che appunta come l'artista «cavò quello stuccho con il quale coloriva [da Plinio], ma non l'intese bene»<sup>32</sup>, gli esperimenti leonardiani con la pittura murale – dall'esito, come è noto, disastroso – sono stati messi in relazione con una tecnica affine all'encausto descritto da Plinio (XXXV, 149) e Alberti (*De re aedificatoria*, VI, 9)<sup>33</sup>. Non si usa però notare che la procedura descritta nel Magliabechiano (testimonianza più o meno fedele dell'operato di Leonardo) è diversa dalla semplice pittura a encausto, in cui il calore viene utilizzato in fase di stesura dei colori, e sembra invece corrispondere al procedimento di encausticazione di un dipinto murale, in cui la superficie pittorica viene riscaldata successivamente alla messa in opera dei pigmenti. La distinzione tra le due tecniche è già chiaramente articolata da Plinio (XXXV, 122), che ricorda l'encausticazione in un contesto diverso, relativo all'uso del minio (XXXIII, 122): ma il passo riprende la descrizione che ne fa Vitruvio (VII, 9, 3), che conferma anche l'affinità con il procedimento usato per lucidare le statue di marmo (*gànosis*).

Cercando nel testo informazioni sui procedimenti antichi per dare legittimità ai propri esperimenti tecnici, Leonardo si sarebbe spostato tra i due estremi della sezione sulla *aedificatio*, la prima parte *De architectura* dedicata alla trattazione vera e propria delle opere architettoniche, muovendosi quindi tra il libro II, che funge da premessa sui materiali edili, e il VII, un epilogo riservato a ricette per colori e intonaci che include anche un excursus sulla storia della pittura parietale. Confrontando questo capitolo con gli appunti di Leonardo si rintracciano facilmente alcune corrispondenze tra diverse ricette per pigmenti – ad esempio quelle per biacca, indaco e verderame – che fanno parte del repertorio delle botteghe di artisti fiorentini del Quattrocento: il *De architectura* non è quindi certo l'unica fonte, ma rimane quella che ha il potere di donare una patina di antico a dei consolidati procedimenti artigiani, da garzoni di bottega<sup>34</sup>. Non è forse un caso che sulla stessa pagina compaia anche il profilo di una base attica, corredato poi, poche carte più avanti, da una lista di termini tratti da Vitruvio (III, 5, 3) (fig. 7)<sup>35</sup>.

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher



To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

7. *Codice Forster III*, f. 44v  
(Londra, Victoria  
and Albert Museum)

#### QUADRARE IL CERCHIO E MISURARE LE DISTANZE

Aneddoti, analogie, *mirabilia*, ricette, liste di vocaboli: al materiale vitruviano ripreso da Leonardo andrà aggiunta anche una “utopia” geometrica come la quadratura del cerchio. I primi tentativi di costruzione di un quadrato con superficie equivalente a un cerchio appaiono già attorno al 1492, si infittiscono dal 1503 in avanti, diventano onnipresenti attorno al 1510-1511 tra le pagine del *Manoscritto G*, per proseguire fino al 1515, quando Leonardo riempie ancora i suoi taccuini di esercizi propedeutici alla quadratura di figure geometriche, perdendosi nelle infinite ricombinazioni di lunule, bisangoli e falcate (cat. 5). In questi diversi periodi affronta il problema da diverse angolazioni, applicando metodi più o meno sofisticati. A volte si illude di aver trovato una soluzione, e dopo una nottata di tentativi annota con esaltazione: «La notte di Sancto Andre’ trovai il fine della quadratura del cerchio, e in fine del lume e della notte e della carta dove scrivevo, fu concluso [...]»<sup>36</sup>; ma è un entusiasmo passeggero, e la ricerca di una soluzione riprende subito dopo con nuovi strumenti.

Testando diverse soluzioni, Leonardo approda anche a un metodo di quadratura empirico, che consiste nel ritagliare l’area del cerchio in una serie di spicchi radiali: srotolati in un nastro di triangoli allineati (e tralasciando convenientemente i segmenti curvi alla loro base), questi risultano facilmente misurabili<sup>37</sup>. Con uno dei suoi tipici scarti dall’astratto al concreto, Leonardo assimila questo procedimento di trasformazione geometrica alle rivoluzioni della ruota di un carro, un cerchio che a ogni rotazione svolge la propria circonferenza in una retta<sup>38</sup>. Il principio di base è lo stesso su cui si fonda il funzionamento dell’odometro descritto da Vitruvio (x, 9, 1-7), un carro-contachilometri in cui il movimento delle ruote si trasmette a un sistema di conteggio della distanza percorsa. Tanto basta a Leonardo per attribuire a Vitruvio l’involontaria (e inconsapevole) soluzione al problema della quadratura del cerchio: «De quadrature del cerchio e chi fu il primo che la trovò a caso. Vetrivio misurando le miglia colle molte intere rivoluzioni delle rote che movano i carri, distese nelli sue stadi molte linie circonfenziali del cerchio di tali rote [...] ma non conobbe quello essere il mezzo a dare il quadrato eguale a un cerchio [...]» (fig. 8)<sup>39</sup>.

L’interesse per l’odometro vitruviano – che Leonardo conosce bene e disegna in più varianti, a una e due ruote (cat. 3)<sup>40</sup> – rientra nell’ambizioso progetto vinciano di quantificazione dei fenomeni. La ricerca di nuovi strumenti di misurazione è una preoccupazione costante in Leonardo, che ne descrive, inventa e perfeziona un numero considerevole per misurare la velocità del vento, il tempo, la distanza, l’umidità. Non gli sfugge nemmeno la versione “nautica” dell’odometro, che Vitruvio ottiene adattando il meccanismo di base alla misurazione delle distanze percorse per mare sostituendo le ruote del carro con ruote a pale applicate ai lati di un’imbarcazione (x, 9, 7). Le misurazioni di questo solcometro antico sarebbero però, secondo Leonardo, inevitabilmente imperfette perché viziate dal moto ondoso: «tale invenzione non è valida se non nelle superficie piane e immobile de’ laghi [...] tale invenzione è di poca valitudine»<sup>41</sup>. Il mondo classico, in questo caso, appare manchevole e imperfetto: «Hanno li nostri antichi usato diversi ingegni per vedere che viaggio faccia un navilio per ciascuna ora, in fra li quali Vetrivio ne pone uno nella sua opera d’architettura, il quale modo è fallace insieme cogli altri»<sup>42</sup>. Le conquiste dei moderni sono però ugualmente deludenti: se il solcometro di Vitruvio «è fallace», lo è anche quello descritto da Leon Battista Alberti nei *Ludi matematici* (I, 18), un testo che Leonardo chiama, significativamente, «libro da misura»<sup>43</sup>. Anche in questo caso, lo strumento è inadeguato: «tale invenzione non riesce se non a un navilio simile a quel dove è fatta tale sperienza; ma bisogna che sia col medesimo carico e medesima vela e medesima situazione di vela e medesime grandezze d’onde»<sup>44</sup>.

A questo elenco di difetti e carenze Leonardo contrappone se stesso e la propria ricerca, presentando una versione aggiornata del solcometro in grado di correggere le imperfezioni delle precedenti. Nel dialogo con gli antichi e con i moderni, con Vitruvio e con Alberti, entrambi avversari da confutare, Leonardo si proclama vincitore e chiude la pagina di note con una orgogliosa proclamazione: «Ma il mio modo serve a ogni navilio sì di remi come di vela. E sia piccolo o grande, stretto o lungo, e alto o basso, serve sempre»<sup>45</sup>.

#### GIGANTI, ASSEDI E «NOMI D'INGEGNERI»

Nei riferimenti al trattato sparsi tra i codici vinciani, il rapporto tra Vitruvio e Leonardo, libro e lettore, assume spesso le forme di un dialogo diretto: «Dice Vitruvio [...]», «Vetruvio vol che [...]», «[Vitruvio] non conobbe [...]», e – come si è appena visto – «Vetruvio [...] è fallace». Attorno al 1497-1502, nel *Manoscritto L*, il tono torna a farsi apertamente polemico: «Dice Vetruvio che i modelli piccoli non sono in nessuna operazione confermi [confermati] dall'effetto de' grandi. La qual cosa qui di sotto intendo dimostrare tale conclusione essere falsa [...]»<sup>46</sup> (fig. 9).

L'idea che certi progetti siano eseguibili solo in dimensioni ridotte appare inaccettabile a Leonardo, che si sposta con estrema disinvoltura tra vertiginose variazioni di scala, sognando macchine militari enormi e perfettamente funzionanti, a metà tra ingegneria e fantasticheria, come la balestra gigante<sup>47</sup> (cat. 1). Nonostante i modelli lo tradiscano spesso, portandolo anche a esiti fallimentari, come nel caso della tavola-campione su cui testare la tecnica di pittura murale per Anghiari, o del modello per la fusione in bronzo del monumento equestre per Francesco Sforza, la fiducia nella loro affidabilità rimane incrollabile. L'invenzione di prototipi in scala ridotta con cui sperimentare e l'elasticità “dimensionale” del pensiero sono una costante delle indagini vinciane in campo scientifico: i modelli dell'occhio e dell'aorta, del bacino del Mediterraneo, di macchine volanti e razzi solari servono appunto per «fare infinite esperienze»<sup>48</sup> e trarre conclusioni sui fenomeni di scala reale.

In questo caso, l'accenno a Vitruvio e «i modelli piccoli» si riferisce all'aneddoto vitruviano su Callia, l'architetto che incanta gli abitanti di Rodi mostrando il modello di una gru capace di sollevare e catturare le macchine d'assedio nemiche: un modello rivelatosi però, alla prova dei fatti – sotto la minaccia delle macchine belliche dell'ateniese Epimaco – irrealizzabile. Il racconto termina comunque con un lieto fine: i Rodiesi sono costretti a richiamare il concittadino Diogneto, l'ingegnere che avevano frettolosamente licenziato, sedotti dalle promesse di Callia; diversamente dal collega e senza esibire modelli, Diogneto riesce, con uno stratagemma, a salvare la città (x, 16, 3-8).

Nel *De architectura*, l'episodio è occasione per una chiosa sulla diversa natura dei modelli – alcuni efficaci anche se realizzati su grande scala, altri invece impraticabili – che Leonardo sembra però fraintendere. Ignorando questa distinzione, si propone di confutare l'affermazione di Vitruvio sull'inattuabilità di (certi) modelli usando le stesse armi del suo avversario: «La qual cosa qui di sotto intendo dimostrare tale conclusione essere falsa, e massimamente allegando que' medesimi termini coi quali lui conclude tale sentenza, cioè colla esperienza della trivella [...]»<sup>49</sup>. Nella dimostrazione che segue, completa di illustrazione (fig. 9), Leonardo chiarisce come, per fare un foro con diametro di doppia dimensione, non basti esercitare il doppio di pressione sulla trivella, come aveva scritto Vitruvio; la superficie di un corpo di uguale forma ma doppia dimensione è quattro volte più grande – prosegue – e necessita quindi di una pressione non due, ma quattro volte maggiore<sup>50</sup>.

La storia di Callia è anche nel *Trattato* di Francesco di Giorgio Martini, dove però non è che un pretesto per una riflessione di carattere morale, colorata di elementi

8. *Manoscritto G*, f. 96r  
(Parigi, Institut  
de France)

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

autobiografici, che rimane quindi lontana dalla lettura di Leonardo: condannando l'ingratitude con cui Diogneto viene messo da parte dai suoi concittadini per far posto a Callia, il paragrafo di Martini si conclude sentenziando che «nessuno profeta è accetto in la patria»<sup>51</sup>. La fonte di Leonardo, in questo caso, non è quindi né Francesco di Giorgio, né tantomeno Vitruvio. A differenza di quanto si è finora creduto, l'obiezione di Leonardo alla riflessione vitruviana sulla validità dei modelli, la relativa dimostrazione della trivella, così come il fraintendimento in senso "assoluto" del passo, non sono nemmeno frutto di un ragionamento originale, ma una parafrasi di un passo del *De re militari* di Roberto Valturio<sup>52</sup>.

Sorprende forse un po' ritrovare a queste altezze un libro che Leonardo legge e rilegge assiduamente negli anni giovanili, tra il 1487-1490, quando saccheggia il testo per collezionare liste di vocaboli eruditi e nomi che sanno d'antico, che poi trascrive nel *Manoscritto B*<sup>53</sup>. Tra quelle pagine aveva infatti già ricopiato i nomi di alcuni degli architetti citati da Vitruvio che era riuscito a rintracciare in Valturio, con tanto di numero di pagina («Trifone Alessandrino, il quale duceva sua età in Apollonia, città d'Albania 167»<sup>54</sup>). Si era anche già appuntato il nome del protagonista del racconto vitruviano e del suo avversario, mettendone bene in vista la professione: «Nomi d'ingegneri. Callias Rodiano. Epimaco Ateniese [...]» (fig. 10)<sup>55</sup>.

Una decina di anni più tardi, nel *Manoscritto L*, il ritorno di Leonardo a Callia non è più così pretestuoso: superata la necessità di recuperare le lacune di cultura umanistica e apparire «omo di lettere», l'aneddoto diventa lo spunto per interloquire in maniera dialettica con l'autore antico, confutandone le affermazioni, senza più soffermarsi sul potere evocativo dei nomi ma entrando nel merito delle questioni, dichiarando risolutamente le proprie intenzioni («[...] di sotto intendo dimostrare tale conclusione essere falsa»). Considerato che la gran parte del *Manoscritto L* è stato compilato durante il periodo trascorso da Leonardo al servizio di Cesare Borgia in qualità di ingegnere militare, il ritorno di Leonardo al *De re militari* di Valturio appare, tra pagine di studi di architettura militare e fenomeni balistici, meno sorprendente<sup>56</sup>.

L'aneddoto su Callia è un esempio di come lo stesso testo – in questo caso, lo stesso paragrafo – possa svolgere, a seconda degli interessi e delle inclinazioni del momento, un ruolo completamente diverso. Per leggere Vitruvio come lo leggeva Leonardo sarà quindi necessario, mentre si intrecciano i rimandi espliciti e le allusioni silenziose, i riferimenti diretti e di seconda mano dispersi tra le migliaia di pagine dei suoi taccuini, non perdere di vista quanto lo stesso Leonardo lettore – le sue domande, le circostanze del contesto, il suo stato d'animo – cambi e si trasformi nel tempo.

Come il *De re militari* di Valturio interessa a Leonardo anche per motivi diversi dall'arte militare, trasformandosi verso la fine degli anni Novanta del Quattrocento in una scorciatoia al mondo degli antichi e degli umanisti, così il *De architectura* accompagna negli anni il suo lettore – un lettore di volta in volta critico, ammirato o incuriosito – prestandosi a una molteplicità di usi. Vitruvio non è, per Leonardo, solo il testo tecnico sull'arte del costruire o sul canone delle proporzioni umane a cui la storiografia ci ha abituato. Tra le sue mani il *De architectura* diventa un volume di letteratura e retorica, un trattato di idrologia, meteorologia e geometria, un manuale di tecniche pittoriche, una raccolta di macchine per l'intrattenimento, la guerra, la misurazione: un sodale che Leonardo frequenta a lungo, oppure, per dirla con Valturio, un «antico amico»<sup>57</sup>.

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

To view this image, please refer to the final published version available from the publisher

[9]

[10]

9. *Manoscritto L*, f. 53r (Parigi, Institut de France)

10. *Manoscritto B*, f. 50v (Parigi, Institut de France)

<sup>1</sup> *Manoscritto F*, esterno seconda copertina.

<sup>2</sup> Ivi, interno prima copertina.

<sup>3</sup> *Ibid.*; Richter/Pedretti, n. 1421.

<sup>4</sup> *Manoscritto K*, f. 109v.

<sup>5</sup> L. Marcucci, *Giovanni Sulpicio e la prima edizione del De Architectura di Vitruvio*, in «Studi e documenti di architettura», VIII, 1978, pp. 185-196 (con un regesto delle edizioni del trattato).

<sup>6</sup> F. Di Teodoro, *Vitruvio in the Trattato dell'Architettura by Luca Pacioli*, in *Illuminating Leonardo: A Festschrift for Carlo Pedretti Celebrating His 70 Years of Scholarship (1944-2014)*, a cura di C. Moffatt, S. Tagliagalamba, Leiden 2016, pp. 114-119.

<sup>7</sup> Francesco di Giorgio Martini, *La traduzione del De Architectura di Vitruvio dal ms. II.1.141 della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*, a cura di M. Biffi, Pisa 2002.

<sup>8</sup> C. Vecce, *The Sculptor Says: Leonardo and Gian Cristoforo Romano*, in *Illuminating Leonardo...*, cit., pp. 223-238.

<sup>9</sup> A. Rovetta, *Cesariano, Bramante e gli studi vitruviani nell'età di Ludovico il Moro*, in *Bramante milanese e l'architettura del Rinascimento lombardo*, a cura di C.L. Frommel, L. Giordano, R. Schofield, Venezia 2002, pp. 83-98.

<sup>10</sup> Luca Pacioli, *De divina proportionem*, Venezia, Paganino, 1509, f. 2v: «È suo quanto suo fratello Iacomo Andrea da Ferrara de l'opere de Vitruvio acuratissimo sectatore». Su Giacomo Andrea da Ferrara: E. Solmi, *Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci*, Torino 1908, pp. 174-176; *Leonardo da Vinci. I documenti e le testimonianze contemporanee*, a cura di E. Villata, Milano 1999, pp. 63-64n, 108, 231. Claudio Sgarbi ha proposto di identificare il Vitruvio di Giacomo Andrea con il manoscritto della Biblioteca Ariostea di Ferrara in Id., *Il Vitruvio ferrarese, alcuni dettagli quasi invisibili e un autore: Giacomo Andrea da Ferrara*, in *Giovanni Giocondo. Umanista, architetto e antiquario*, a cura di P. Gros, N. Pagliara, Venezia 2014, pp. 121-138.

<sup>11</sup> Solmi, *Le fonti...*, cit., pp. 57-58; Richter, n. 1501.

<sup>12</sup> Su Ottaviano e Girolamo Pallavicino: Solmi, *Le fonti...*, cit., pp. 224-225; sul fratello Antonio Maria, governatore di Bergamo: *Leonardo da Vinci. I documenti...*, cit., pp. xvi-xviii. Sui fratelli Pallavicino: M. Gentile, s.v. *Pallavicino, Rolando*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, LXXX, Roma 2014, p. 552.

<sup>13</sup> P.N. Pagliara, *Vitruvio da testo a canone*, in *Memoria dell'antico nell'arte italiana*, III, *Dalla tradizione all'archeologia*, a cura di S. Settis, Torino 1986, pp. 5-85.

<sup>14</sup> Vedi l'introduzione di Pierre Gros a Vitruvio, *De Architectura*, a cura di P. Gros, 2 voll., Torino 1997, in part. pp. xlv-xlvi.

<sup>15</sup> «Archimeda eo ingenio notissimus», in Pomponio Gaurico, *De sculptura*, a cura di P. Cutolo, Napoli 1999, p. 255.

<sup>16</sup> S. Tagliagalamba, *Leonardo da Vinci's Hydraulic Systems and Fountains for His French Patrons Louis XII, Charles d'Amboise, and Francis I. Models, Influences, and Reprises Featured in the Art of Garden Design*, in *Illuminating Leonardo...*, cit., pp. 300-314.

<sup>17</sup> Cfr. C. Zanetti in questo volume (cat. 4).

<sup>18</sup> *Codice Madrid II*, f. 55r; Richter, n. 1048.

<sup>19</sup> A. Cecchi, Niccolò Machiavelli o Marcello Virgilio Adriani? *Sul programma e l'assetto compositivo delle Battaglie di Leonardo e Michelangelo per la Sala del Maggior Consiglio in Palazzo Vecchio*, in «Prospettiva», 83-84, 1996 (1997), pp. 102-115. Le citazioni vitruviane sono in Marcello Virgilio Adriani, *De materia medica*, Firenze, Giunta, 1518.

<sup>20</sup> Windsor, RL 19013v (K/P 144v). Vedi C. Vecce, *La parola del corpo. I testi anatomici di Leonardo*, in *Leonardo da Vinci's Anatomical World. Language, Context and "Disegno"*, a cura di A. Nova, D. Laurenza, Venezia 2011, pp. 17-41.

<sup>21</sup> *Codice atlantico*, f. 201v. Sull'acqua in Leonardo, da ultimo: *L'acqua microscopio della natura. Il codice Leicester di Leonardo da Vinci*, catalogo della mostra (Firenze, Gallerie degli Uffizi, 30 ottobre 2018 - 20 gennaio 2019), a cura di P. Galluzzi, Firenze 2018.

<sup>22</sup> J.F. Moffitt, *The Evidentia of Curling Waters and Whirling Winds: Leonardo's Ekphrasis of the Latin Weatherman*, in «Achademia Leonardi Vinci», IV, 1991, pp. 11-33.

<sup>23</sup> M. Kemp, *Leonardo da Vinci. The Marvellous Works of Nature and Man*, Oxford 2006, p. 114.

<sup>24</sup> M. Murray, *Leonardo e Vitruvio*, in *Roma, centro ideale della cultura dell'Antico nei secoli XV e XVI*, a cura di S. Danesi Squarzina, Milano 1989, pp. 210-214.

<sup>25</sup> *Manoscritto A*, f. 55v; Richter, n. 967. Vedi anche A. Nova, *Valore e limiti del metodo analogico nell'opera di Leonardo da Vinci*, in *Leonardo da Vinci. Metodi e tecniche per la costruzione della conoscenza*, a cura di P.C. Marani, R. Maffei, Busto Arsizio 2016, pp. 25-36.

<sup>26</sup> Francesco di Giorgio Martini, *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*, ed. a cura di C. Maltese, 2 voll., Milano 1967, I, p. 4; II, pp. 361-362.

<sup>27</sup> Ivi, II, pp. 373-374. Vedi J. Moffitt, *Leonardo's Sala delle Asse and the Primordial Origins of Architecture*, in «Arte Lombarda», n.s., 92-93, 1990, pp. 76-90.

<sup>28</sup> Luca Pacioli, *De divina proportionem*, cit., f. 35v.

<sup>29</sup> *Codice Madrid II*, f. 87r.

<sup>30</sup> Francesco di Giorgio Martini, *Trattati...*, cit., II, p. 322: «Ma Vitruvio dice il legname doversi tagliare in principio dell'autunno, prima che il vento nominato Favonio, ovvero ponente, cominci a regnare».

<sup>31</sup> *Manoscritto A*, f. 53r. Vedi F.P. Di Teodoro, *Le "rotture de' muri": cause, rimedi, prevenzione*, in «Achademia Leonardi Vinci», IV, 1991, pp. 158-170.

<sup>32</sup> *Il Codice magliabechiano*, a cura di K. Frey, Berlin 1892, pp. 114-115, 371 (f. 121v).

<sup>33</sup> C. Pedretti, *Leonardo da Vinci inedito*, Firenze 1968, pp. 68-75; C. Vecce, *Leonardo*, Roma 1998, p. 241; R. Bellucci, *Tavola Doria. Analisi e confronti*, in *La Tavola Doria tra storia e mito*, a cura di C. Acidini, M. Ciatti, Firenze 2015, pp. 63-80, in part. pp. 76-78.

<sup>34</sup> Cfr. nell'ordine: *Codice atlantico*, f. 195v (Richter, n. 619) e *De architectura*, VII, 12, 1; *Codice atlantico*, f. 570r, e *De architectura*, VII, 14, 2; *Codice Forster III*, f. 37v (Richter, n. 647), e *De architectura*, VII, 12, 1.

<sup>35</sup> *Codice Forster III*, f. 44v (Richter, n. 764). Vedi Vecce, *The Sculptor Says...*, cit., pp. 234-236.

<sup>36</sup> *Codice Madrid II*, f. 112r.

<sup>37</sup> Kemp, *Leonardo da Vinci. The Marvellous Works...*, cit., pp. 246-247, 293-295.

<sup>38</sup> *Manoscritto G*, ff. 38v, 39v, 43v, 57v, 58r-v, 59r, 68r.

<sup>39</sup> *Manoscritto G*, f. 96r (Richter, n. 1504).

<sup>40</sup> *Codice atlantico*, f. 11-b. Vedi R. Schofield in questo volume (cat. 3).

<sup>41</sup> *Manoscritto G*, f. 54r (Richter, n. 1113); C. Pedretti, *The Log*, in «Achademia Leonardi Vinci», I, 1988, pp. 60-64.

<sup>42</sup> *Manoscritto G*, f. 54r.

<sup>43</sup> C. Vecce, *La biblioteca perduta. I libri di Leonardo*, Roma 2017, p. 99.

<sup>44</sup> *Manoscritto G*, f. 54r (Richter, n. 1113).

<sup>45</sup> *Ibid.*

<sup>46</sup> *Manoscritto L*, ff. 53v-53r (Richter, nn. 1502-1503).

<sup>47</sup> Vedi M. Landrus in questo volume (cat. 1).

<sup>48</sup> *Manoscritto F*, f. 33v.

<sup>49</sup> *Manoscritto L*, f. 53v.

<sup>50</sup> V.P. Zubov, *Leonardo da Vinci*, Cambridge MA 1968, pp. 112-115.

<sup>51</sup> Francesco di Giorgio Martini, *Trattati...*, cit., II, pp. 493-494.

<sup>52</sup> Roberto Valturio, *Opera da facti et precepti militari [...] ora traducta in vulgar [De re militari]*, Verona, Boninus de Boninis, 1483, libro X, ff. 237v-238r: «alcuni instrumenti in exemplari picholi pareno verisimili ma quan se fano magiori non reuseno come se a promesso come se po considerar in una trivella cum la quale se po far uno buso de mezzo dito e de uno ditto si a uno medesimo modo e resone ne volesseno far uno duna spana non se poderia far [...]».

<sup>53</sup> Vecce, *La biblioteca perduta...*, cit., pp. 127-131.

<sup>54</sup> *Manoscritto B*, f. 98v (Richter, n. 1500); Roberto Valturio, *De re militari...*, cit., ff. 183v-184r, dal *De architectura*, X, 16, 10.

<sup>55</sup> *Manoscritto B*, f. 50v (Richter, n. 1381); Roberto Valturio, *De re militari...*, cit., f. 237v.

<sup>56</sup> P.C. Marani, *L'architettura fortificata negli studi di Leonardo da Vinci. Con il catalogo completo dei disegni*, Firenze 1984.

<sup>57</sup> «[...] l'antichi amici, cioè libri», in Roberto Valturio, *De re militari...*, cit., f. 14r.